



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA



LEONARDO DO NASCIMENTO MÁXIMO

**ESTEQUIOMETRIA ECOLÓGICA AO LONGO DE UM GRADIENTE
BORDA-NÚCLEO DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA: PREFERÊNCIA
DE FORMIGAS DA SERRAPILHEIRA POR ISCAS**

**AREIA-PB
2019**

LEONARDO DO NASCIMENTO MÁXIMO

**ESTEQUIOMETRIA ECOLÓGICA AO LONGO DE UM GRADIENTE BORDA-
NÚCLEO DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA:
PREFERÊNCIA DE ISCAS POR FORMIGAS DA SERRA PILHEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal da Paraíba como parte
das exigências para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. José Domingos Ribeiro Neto
Orientador

AREIA – PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M464e Maximo, Leonardo do Nascimento.

Estequiometria ecológica ao longo de um gradiente
borda-núcleo de floresta tropical úmida: Preferência de
iscas por formigas da serrapilheira / Leonardo do
Nascimento Maximo. - Areia, 2019.

27 f. : il.

Orientação: José Domingos Ribeiro Neto.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. formiga; relação C/N; efeito de borda. I. Ribeiro
Neto, José Domingos. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

LEONARDO DO NASCIMENTO MÁXIMO

**ESTEQUIOMETRIA ECOLÓGICA AO LONGO DE UM GRADIENTE BORDA-
NÚCLEO DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA: PREFERÊNCIA DE ISCAS POR
FORMIGAS DA SERRA PILHEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal da Paraíba como parte das
exigências para a obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovado em 31 de maio de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Domingos Ribeiro Neto
DFCA/CCA/UFPB
Orientador

Prof. Dra. Gleidyane Novais Lopes-Mielezrski
DFCA/CCA/UFPB
Examinadora

Prof. Dra. Yirina Valdes Vazquez
DCB/CCA/UFPB
Examinadora

**AREIA-PB
2019**

AGRADECIMENTOS

Muito grato ao universo por essa conquista.

A minha família por ter acreditado e contribuído fortemente nessa temporada, especialmente Papai, Mamãe e Fernanda, que sempre estiveram me incentivando nessa caminhada. E também Alex, tia Nina, e Neta (Tá), que sempre estiveram juntos.

A minha namorada, que também sempre me apoiou e aturou em todas as horas de estresse. Te amo Ericka!

Ao meu orientador Zezinho que esteve sempre me cobrando e estimulando nos diferentes experimentos. E também a toda galera do Laboratório de Ecologia Vegetal, principalmente Thais e Anderson que me ajudaram bastante.

Ao Bloco da Paz e seus moradores ilustres _\\/_ !!! Aos manos Xulipa, Rasta, Círio, Fojo, Fiorett, Russo, Kayo, Bel, Gordim, Yago&Karla, que seguiram firmes na caminha.

Aos amigos que fiz na turma Rielder, Bia, Carol, Geizy, Henrique, Edson e todos os demais.

Também ao professor Roberto Wagner por toda experiência, e a todos os professores e servidores do CCA.

Em fim... gratidão a todos que acreditaram e/ou contribuíram de alguma forma!

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Espécies e quantidades de indivíduos coletados nas iscas das 12 estações, dispostas no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, um fragmento de Mata Atlântica no município de Areia, Paraíba. **15**
- Tabela 2.** Espécies e quantidades de indivíduos coletados nas iscas das 12 estações, dispostas em um fragmento de Mata Atlântica, no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, no município de Areia, Paraíba. **16**
- Tabela 3.** Média e desvio padrão da Abundância e Riqueza de formigas coletadas nos dois tipos de iscas, dispostas em um fragmento de Mata Atlântica, no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, no município de Areia, Paraíba. **17**
- Tabela 4.** Variação de Abundância e Riqueza de formigas, em iscas de carboidrato e nitrogênio, a diferentes distâncias da borda, dispostas em um fragmento de Mata Atlântica, no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, no município de Areia, Paraíba. **17**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Abundância de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) nas iscas de sardinha e mel das 12 estações, dispostas no fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Areia – PB. **18**
- Figura 2.** Abundância de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) coletadas nas iscas de mel e sardinha, em função da distância da borda do fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Areia – PB. **19**

RESUMO

A dinâmica ecológica da floresta sofre mudanças da borda para o núcleo, sendo assim, a disponibilidade de recursos alimentares providos pelas florestas às comunidades de formigas, é passiva de alterações em função do acréscimo no grau de perturbação do ambiente. O efeito de borda decorrente do desmatamento florestal provoca modificações na biota de plantas e formigas. O objetivo deste trabalho foi testar se as formigas modificam a preferência de forrageamento, ao longo do gradiente borda-núcleo da floresta no Parque Estadual Mata do Pau Ferro no município de Areia-PB. Para isto foram ofertadas iscas de carboidrato (mel) e nitrogênio (sardinha) em 12 estações, estabelecidas de forma aleatória e situadas a diferentes distâncias para a borda. No interior da floresta, a maior abundância de formigas se deu nas iscas de nitrogênio, e diminuiu significativamente na direção da borda. A preferência pelas iscas de carboidrato aumentou ao se aproximar da borda da floresta, porém neste ambiente, o número de indivíduos foi semelhante nas duas iscas. Isso sugere que, na floresta, o desequilíbrio estequiométrico imposto pela formação da borda, modifica a preferência de forrageamento das formigas. A diferença na concentração de recursos em função do efeito de borda pode acometer a interação das comunidades de formicídeos, sendo assim, acreditamos que os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas bordas florestais podem ser diferentes daqueles fornecidos pelo interior da floresta.

Palavras-chave: formiga; relação C/N; efeito de borda.

ABSTRACT

The ecological dynamics of the forest change the changes to the nucleus, thus, a resource of food resources provides the proteins to the communities of forms, is passive of changes in the function of the increase in the degree of disturbance of the environment. The effect of the implantation due to the deforestation of the forests in the change of plants and forms. The objective of this work was to test if the ants modify the foraging preference along the edge-core gradient of the forest in the Mata do Pau Ferro State Park in the city of Areia-PB. This is of the carbon of the hydrochloride (honey) and nitrogen (sardine) in 12 stations, included of random form and situated to different bandages from the border. Within the forest, the greater abundance of forms that nitrogen machines have, and declined towards navigation. The preference for carbohydrates increased with the edge of the forest, already in this environment, the number of aliases was similar in the two baits. What is it that, in the forest, the stoichiometric imbalance is introduced by the edge formation, modifies the foraging preference of the ants. The difference in resource concentration of a barrier function can be an interaction of the formicide communities, thus, those that contribute to ecosystems can be protected by forest borders and can be protected by the interior of the forest.

Keywords: ant; ratio C/N; edge effect.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
MATERIAIS E MÉTODOS	13
ÁREA DE ESTUDO	13
FORMIGAS.....	13
COLETA DE DADOS	14
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS	27

INTRODUÇÃO

O desmatamento de florestas promove uma série de perturbações nos ecossistemas naturais, e ocasiona a formação de fragmentos florestais de diversos tamanhos e formas (TABARELLI et al., 2010), reduzindo a biodiversidade e isolando espécies em locais adversos à sobrevivência (MURCIA, 1995; PRIMACK; RODRIGUES, 2006; WALTHER, 2010). A fragmentação florestal promove mudanças nas assembleias de plantas, que por si, influenciam nas assembleias de animais (CONDEZ, 2008), e são intensificadas por ações antrópicas, desencadeando modificações na paisagem, principalmente em áreas mais externas do fragmento, o que resulta no efeito de borda (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000). O efeito de borda é consequência da abrupta transição de florestas para matrizes não florestais (LAURANCE, 2000; TABARELLI et al., 2004; ZHENG; CHEN, 2000), e é responsável por causar desordens nas condições bióticas e abióticas do remanescente (MURCIA, 1995; LAURANCE, 2000), instituindo modificações na estrutura florestal das bordas (CORRÊA et al., 2011; SABINO, 2012) nas quais propiciam a eliminação de espécies que exigem maior especificidade de habitat e de condições de vida (LAURANCE et al., 2002).

O efeito de borda acomete plantas e animais e é responsável por provocar mudanças na diversidade e composição de espécies (DE GROOT et al., 2012; KAPOV, 1989), e ampliar o nível de vulnerabilidade do ambiente (LAURANCE et al., 2002). Os distúrbios impostos às bordas podem alterar a distribuição natural de árvores (SABINO, 2012), podendo modificar a relação C:N da floresta (CÂMARA et al., 2017). As espécies de plantas generalistas, coletivamente conhecidas como pioneiras, possuem altos teores de nitrogênio foliar (BARONE; COLEY, 2001) e tendem a intensificar a proliferação sob condições de efeito de borda (GOLDEN; CRIST 1999). Contrariamente, a abundância de plantas dotadas de nectário extrafloral (NEF), apontadas por serem ricas em carboidrato, é maior no interior da floresta (CÂMARA et al., 2017).

As modificações decorrentes do efeito de borda podem afetar insetos, como as formigas, que tendem a forragear sobre árvores com NEF's (OLIVEIRA; FREITAS, 2004), e carcaças de insetos dispostas no solo (FLOREN et al., 2002). A qualidade do recurso define as razões estequiométricas dos consumidores, e está ligada intrinsecamente à quantidade relativa de carbono e nitrogênio (razão C:N) (ELSER et al., 1996; STERNER; ELSER, 2002; KASPARI; YANOVLAK, 2001). A estequiometria ecológica abarca as razões estequiométricas dos diferentes recursos, entre o organismo e o ambiente no qual está inserido, investigando como a disponibilidade, e o balanço dessas substâncias influenciam os

diferentes níveis tróficos e os processos ecossistêmicos (LOLADZE; KUANG, 2000; STERNER; ELSER, 2002; VIEIRA, 2014). Caso algum recurso apresente-se de forma limitada, poderá ocorrer um desequilíbrio nutricional em diferentes níveis de organização, levando à redução na abundância de indivíduos na comunidade (JENSEN et al., 2012; PETRY et al., 2012). O recurso disponível em menores quantidades, limitará o desempenho do organismo independentemente da disponibilidade de outros recursos no ambiente (BEGON et al., 2006). De acordo com Silva (2010), quando confrontado com diferentes opções de recurso, os organismos poderão escolher o recurso mais escasso no ambiente e com qualidades nutricionais mais favoráveis às suas necessidades.

Os resultados obtidos por Bihn et al. (2008) sugerem que, em florestas com diferentes idades de regeneração, as formigas podem alterar a preferência de forrageamento. Este padrão de comportamento pode ser influenciado pela regeneração da floresta, no entanto, não se sabe se o resultado seria o mesmo dentro de um gradiente borda-núcleo. Os resultados de Câmara et al. (2017) em floresta da mata atlântica nordestina, indicam que as árvores dotadas de NEF são mais abundantes no interior da floresta, sendo assim, presumimos que o núcleo é capaz de prover recursos ricos em carboidrato às comunidades de formigas. Por tanto, neste trabalho, esperamos que as formigas forrageiem predominantemente sobre as iscas de carboidrato nas bordas e sobre as iscas de nitrogênio no interior da floresta. Esta situação nos motivou a desenvolver o presente trabalho, para então entender o comportamento dos formicídeos ao longo do gradiente borda-núcleo, quando submetidos a diferentes opções de recursos forrageáveis.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é testar se as formigas modificam a preferência de forrageamento ao longo do gradiente borda-núcleo da floresta do Parque Estadual Mata do Pau Ferro.

Objetivos específicos

- Analisar se a distância da borda para as iscas influencia na abundância e riqueza de formigas coletadas;
- Identificar a preferência pelas iscas no gradiente borda-núcleo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, situada a oeste do município de Areia, constituinte da microrregião do Brejo Paraibano do estado da Paraíba (Anexo A). A Reserva Ecológica da Mata do Pau Ferro foi instituída pelo governo do estado (DECRETO ESTADUAL N. ° 14.832, DE 19 DE OUTUBRO DE 1992), objetivando preservar a diversidade biológica do ecossistema com o mínimo possível de intromissão do homem, posteriormente foi transformada em Parque Estadual Mata do Pau Ferro (DECRETO ESTADUAL N. ° 26.098, DE 4 DE AGOSTO DE 2005). Possui uma área de aproximadamente 600 ha, altitude de 650 m, com precipitação pluviométrica anual de 1400 mm, temperatura média de 22 °C e umidade relativa em torno de 85% (MAYO; FEVEREIRO, 1982). A combinação entre clima e relevo favorece a presença de solos profundos e férteis, o que contribui para diversificação e desenvolvimento da vegetação local, a qual, de acordo com a classificação fitofisionômica de Veloso et al. (1991), é denominada disjunção de Floresta Ombrófila Aberta com predominância de mata úmida de altitude. A área da reserva compreende o maior e mais representativo fragmento florestal de brejo de altitude do estado da Paraíba, e, de acordo com Barros (2005), a reserva vem sendo suprimida devido a uma série de ações antrópicas como desmatamento, extrativismo e agropecuária. Tal antropização se deu ao longo dos anos com a retirada de parte da cobertura original da floresta para execução de atividades agrícolas (BARBOSA et al., 2005). De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2015), durante os anos de 2001 a 2015 o município de Areia-PB teve uma redução em 6 ha de floresta nativa, e foi o município do estado com o maior índice de desmatamento.

Formigas

As formigas (Hymenoptera, Formicidae) são insetos sociais que estão presentes em diversos ecossistemas terrestres (FERNÁNDEZ, 2003). Podem nidificar desde copas de árvores a grandes profundidades no solo (SILVESTRE, 2000). Atuam no ecossistema desempenhando uma série de atividades, que concernem nos serviços ecossistêmicos (MELLO, 2014). Os formicídeos são sensíveis a distúrbios antrópicos (ANDERSEN et al., 2004; MIRANDA et al., 2006), e são considerados eficientes indicadores biológicos (FREITAS et al., 2006), pois respondem rapidamente a perturbações no ambiente (BROWN, 1997). São constantemente abarcadas em diversos tipos de pesquisas, investigando

consequências do efeito de borda (WIRTH et al., 2008), em monitoramentos ambientais (ANDERSEN et al., 2004), na herbivoria (COSTA et al., 1992), na dispersão de sementes (LEAL et al., 2011). São insetos dominantes, sendo algumas espécies predadoras e com amplo hábito nutricional, havendo espécies que atuam como herbívoras, carnívoras, necrófagas e detritívoras (KAMINSKI et al., 2009). Sua dieta é composta de outros invertebrados (carcaças e presas vivas) e secreções de afídeos (FLOREN et al., 2002; PARRON, 2015), exsudato de nectários extraflorais (OLIVEIRA et al., 2002), secreções e larvas de lepidópteros (KAMINSKI et al., 2009; RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007), “honeydew” de pulgões, cochonilhas e cigarrinhas (FLOATE; WHITHAM, 1994). A disponibilidade de recursos alimentares providos pelas florestas às comunidades de formigas, sofre alterações em razão do acréscimo no grau de perturbação do ambiente (CÂMARA et al., 2017; LAURANCE et al., 2006).

Coleta de dados

O experimento foi desenvolvido durante o mês de novembro de 2018, caracterizado por ser período de estação seca da região. O experimento consistiu em ofertar dois tipos de iscas durante um tempo de 60 minutos, em 12 pontos (estações) aleatórios da floresta levando em consideração as diferentes distâncias para a borda (Anexo B). As amostragens foram realizadas durante o turno da manhã, sendo observado uma estação por vez. Georreferenciamos os pontos de coleta por meio do GPS Garmin, e através de imagens do Google Earth, medimos a distância das estações para a borda, obtendo uma variação de 90 a 400 metros. Cada estação foi composta por iscas de sardinha e de mel, dispostas sobre um guardanapo com aproximadamente 3x3 cm de tamanho, e dispostos ao nível da serapilheira, sendo essa metodologia utilizada anteriormente por Bihn et al. (2008) e Boscardin et al. (2011) para analisar a preferência alimentar das formigas. A sardinha foi obtida no supermercado e representa o recurso nitrogênio (proteína), e o mel oriundo de abelhas corresponde ao recurso carboidrato, ambos essenciais à nutrição e consequente desenvolvimento dos formicídeos.

As estações separadas a uma distância mínima de 50 metros. Após os 60 minutos de oferta, todo o material foi recolhido e colocado em sacos de papel previamente identificados. O material acondicionado nos sacos de papel foi levado ao Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba. A triagem foi feita separando as formigas do restante do material recolhido, e colocando-os no meio líquido (álcool 70%). Em seguida, os indivíduos foram identificados até o nível de espécie (BACCARO, 2006;

BACCARO et al., 2015). Caracterizamos o esforço de forrageamento através de duas medidas: 1) soma do número de indivíduos nas estações ao final dos 60 minutos (abundância); e 2) número de espécies coletadas ao final dos 60 minutos (riqueza).

Análise estatística

Utilizamos o Modelo Linear Generalizado com distribuição de erro de Poisson, para testar o efeito do tipo de isca (sardinha ou mel), preditor categórico, e da distância para a borda, preditor contínuo, sobre o número de indivíduos e a riqueza de formigas. A distribuição de erro de Poisson é uma distribuição de probabilidade de variável aleatória discreta que expressa a probabilidade de uma série de eventos ocorrerem num certo período de tempo. Realizamos a análise com o *software* estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total coletamos 381 indivíduos, sendo 137 nas iscas de mel e 244 nas iscas de sardinha (Tabela 2). Dentre os indivíduos coletados, registramos um total de sete espécies, sendo que as espécies *Pheidole* sp. 1, *Camponotus* sp e *Camponotus* sp 2 foram encontradas unicamente nas iscas de sardinha, enquanto que as demais espécies se mantiveram nas duas iscas. A espécie com maior abundância foi a *Pheidole* sp. apresentando 351 indivíduos, e as espécies com menor abundância foram a *Pheidole* sp.1 e *Camponotus* sp., ambas com apenas um indivíduo coletado. As iscas foram colonizadas rapidamente e todas receberam visitas de algum indivíduo, porém, ao coletar e triar as iscas, não registramos nenhum indivíduo nas iscas de mel das estações 5 e 10 e na isca de sardinha da estação 8 (Tabela 1).

Tabela 1. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos nas iscas dispostas em um fragmento de Mata Atlântica do município de Areia-PB.

Estação	Isca	Distância (m)	Nº de espécies	Nº de indivíduos
1	Sardinha	285	1	19
	Mel		1	6
2	Sardinha	399	2	17
	Mel		1	5
3	Sardinha	100	1	15
	Mel		1	8
4	Sardinha	184	2	91
	Mel		2	3
5	Sardinha	178	1	1
	Mel		-	-

6	Sardinha	96	2	5
	Mel		1	6
7	Sardinha	111	1	8
	Mel		1	5
8	Sardinha	92	-	-
	Mel		1	1
9	Sardinha	205	1	10
	Mel		1	5
10	Sardinha	184	2	8
	Mel		-	-
11	Sardinha	162	1	57
	Mel		1	25
12	Sardinha	126	2	13
	Mel		1	73

Tabela 2. Espécies e quantidades de indivíduos coletados nas iscas das 12 estações, dispostas no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, um fragmento de Mata Atlântica no município de Areia, Paraíba.

SUBFAMÍLIA	Mel	Sardinha	Total
<i>Espécie de formiga</i>			
MYRMICINAE			
<i>Crematogaster</i> sp	2	4	6
<i>Pheidole</i> sp.	133	218	351
<i>Pheidole</i> sp.1	0	1	1
FORMICIDAE			
<i>Camponotus</i> sp.	0	1	1
<i>Camponotus</i> sp. 1	1	17	18
<i>Camponotus</i> sp. 2	0	2	2
ECTATOMMINAE			
<i>Ectatomma</i> sp	1	1	2
TOTAL DE INDIVÍDUOS	137	244	381

Quanto à abundância de indivíduos, constatamos que a média de indivíduos coletados nas iscas de proteína foi maior em comparação às iscas de carboidrato (Tabela 3), sendo que a diferença no número de indivíduos nos dois tipos de iscas não é estatisticamente significativa (Figura 1a; Tabela 4). Percebe-se que a riqueza de espécies nas iscas de sardinha foi maior em

relação às iscas de mel (Tabela 3), porém as diferenças de riqueza de espécie nos tipos de iscas não foram estatisticamente significativas (Figura 1b; Tabela 4).

Tabela 3. Média e desvio padrão da Abundância e Riqueza de formigas coletadas nos dois tipos de iscas, dispostas no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, um fragmento de Mata Atlântica no município de Areia, Paraíba.

Abundância de indivíduos			
	Média	Desvio Padrão	Amostras
Mel	11,4166	20,4737	12
Sardinha	20,3333	26,7423	12
Riqueza de espécies			
	Média	Desvio Padrão	Amostras
Mel	0,9166	0,5149	12
Sardinha	1,5	0,7977	12

Tabela 4. Variação de Abundância e Riqueza de formigas, em iscas de carboidrato e nitrogênio, a diferentes distâncias da borda, dispostas no Parque Estadual Mata do Pau Ferro, um fragmento de Mata Atlântica no município de Areia, Paraíba.

Variável resposta	Efeito	gl	Variância explicada	p
Número de formigas	Isca	1,23	30,458	0,000
	Distância	1,22	0,069	0,793
	Isca*Distância	1,21	21,163	0,000
	Resíduos	1,20	578,480	
Número de espécies	Isca	1,23	1,70646	0,1914
	Distância	1,22	0,26816	0,6046
	Isca*Distância	1,21	0,15783	0,6912
	Resíduos	1,20	12,251	

Observamos que a preferência pelas iscas de carboidrato aumentou ao se aproximar da borda da floresta, porém, o número de indivíduos nas iscas próximos a borda foi semelhante nas duas iscas. Nas iscas de nitrogênio ocorreu o inverso, pois, no interior da floresta a concentração de indivíduos nas iscas de nitrogênio aumentou significativamente. (Figura 2a; Tabela 4). O mesmo efeito, entretanto, não foi observado considerando o número de espécies de formigas explorando as iscas ao longo do gradiente borda-núcleo (Figura 2b; Tabela 4).

Estes resultados corroboram a nossa expectativa de que na floresta as formigas forrageiam recursos ricos em carboidrato nas bordas, enquanto que no núcleo concentram o forrageamento nos recursos ricos em nitrogênio.

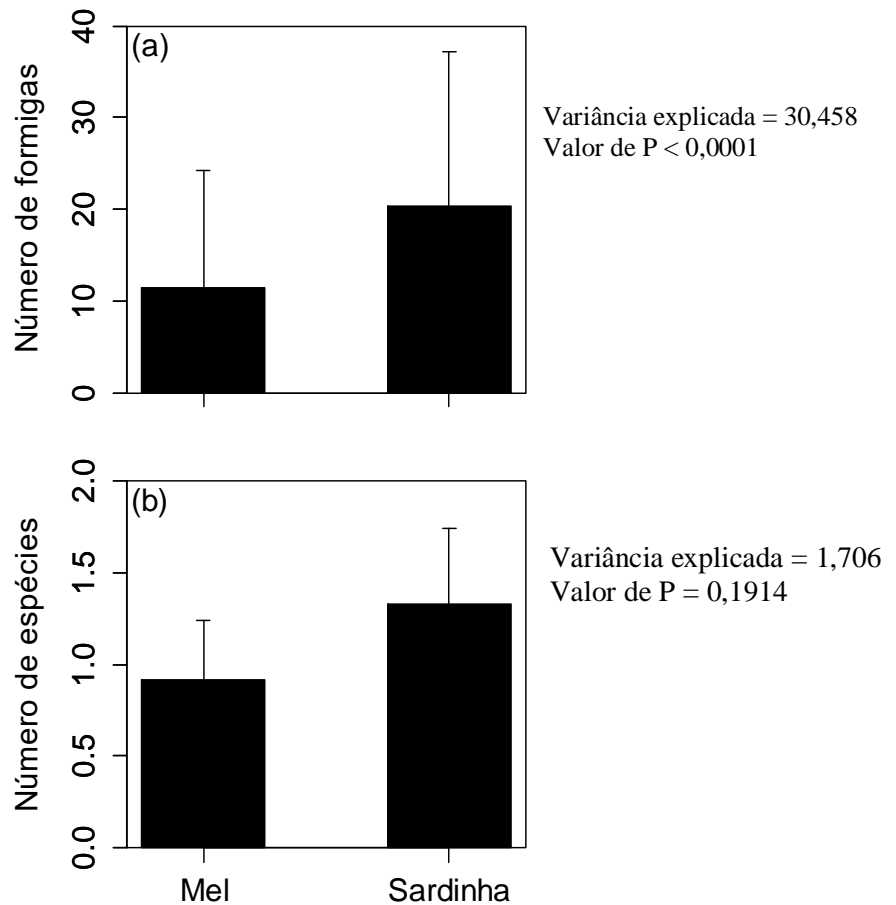


Figura 1. Abundância de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) nas iscas de sardinha e mel das 12 estações, dispostas no fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Areia – PB.

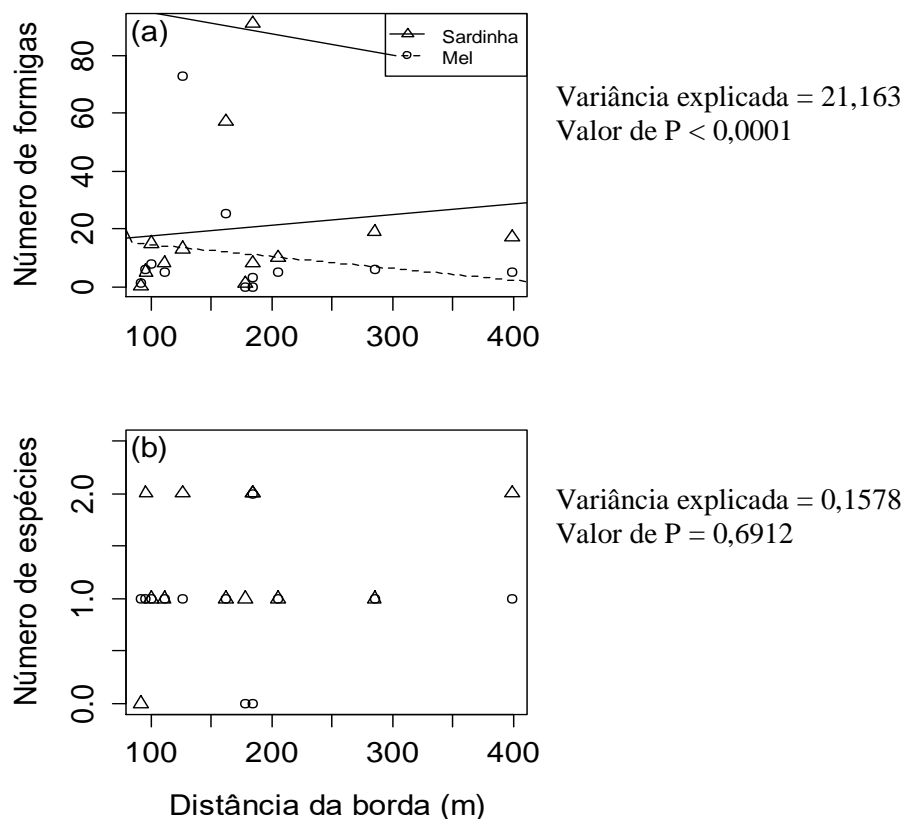


Figura 2. Abundância de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) coletadas nas iscas de mel e sardinha, em função da distância da borda do fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Areia – PB.

Nossos dados mostram que as espécies de formigas coletadas na borda também estiveram presentes no núcleo, assim podemos considerar que as necessidades nutricionais da comunidade, ao menos da comunidade amostrada, não devem sofrer influência da composição de espécies. A mudança na concentração de indivíduos sob os recursos ofertados ao longo do gradiente indica que a preferência de forrageamento da comunidade é modificada em virtude de se garantir hegemonia sobre o recurso mais limitado. Tendo em vista que não medimos a disponibilidade de cada recurso, mas considerando que a maior parte das árvores produtoras de NEF's se concentram no interior da floresta (CÂMARA et al., 2017), pressupomos que os recursos (carboidrato e nitrogênio) estejam dispostos no ambiente de forma heterogênea, promovendo assim um desequilíbrio nutricional à comunidade de formigas ao longo do gradiente borda-núcleo, porém são necessários estudos mais específicos para confirmar esta possibilidade.

Observamos que as formigas preferem o recurso nitrogênio apenas no interior da floresta, e diminuem a predileção por este recurso nas bordas. É importante lembrar que nas bordas ocorre a ascensão de plantas pioneiras, ricas em nitrogênio foliar e preferíveis na

alimentação dos insetos generalistas (OLIVEIRA FILHO et al., 2007), que aumentam a abundância de indivíduos nestes ambientes, promovendo também uma ampliação nas taxas de herbivoria na borda (TABARELLI et al., 2004). Entre estes insetos se destacam as lagartas de borboletas heliófitas (SALAZAR; WHITMAN, 2001; BROWN; HUTCHINGS, 1997), orthopteras (ARAÚJO et al., 1997) e coleópteras (BARBOSA et al., 2005). De acordo com Stouffer e Bierregaard (1995), também ocorre um aumento significativo na quantidade de excrementos de pássaros que se alimentam de insetos generalistas. As carcaças destes insetos e os excrementos de pássaros herbívoros integram a alimentação das formigas, e são considerados materiais ricos em nitrogênio (JESUS, 2006; KAMINSKI et al., 2009). Sendo assim, as assembleias de formigas encontram o recurso nitrogênio de forma mais acessível nas bordas, através do forrageamento de carcaças provenientes da avantajada abundância de insetos generalistas do local, enquanto que no interior da floresta a abundância destes insetos diminui, e assim aumenta a necessidade por recursos ricos em nitrogênio.

Para o recurso carboidrato constatamos que, a concentração de indivíduos nas iscas foi maior na borda da floresta, porém não foi maior que a abundância nas iscas de nitrogênio, e diminuiu ao direcionar-se ao núcleo, onde a demanda pelas iscas não foi expressiva, sendo assim, deduzimos que a carência por este recurso seja maior nas bordas da floresta. Nossos resultados evidenciam uma preferência por carboidrato nas bordas em comparação ao núcleo, presumivelmente devido ao aumento de carbono no interior, em função da maior quantidade de árvores com NEF's, conforme Câmara et al. (2017), que investigou a distribuição de árvores com NEF's em floresta de Mata Atlântica do nordeste do Brasil. Segundo Santos et al. (2008) e Vieira (2014), as espécies produtoras de NEFs compõem o dossel do interior das florestas e são altamente sensíveis a fragmentação.

Os dados obtidos no nosso trabalho mostram que, as espécies de formigas coletadas na borda são as mesmas que as do núcleo da floresta, porém, notamos que o forrageamento ao longo deste gradiente tende a ser diferente. Na borda a preferência pelas iscas de carboidrato não foi maior do que pela as iscas de nitrogênio, porém a concentração de indivíduos nas iscas de carboidrato aumentou na borda e diminuiu no interior da floresta, e o nitrogênio aumentou no núcleo diminuindo no sentido da borda. Essa mudança no hábito forrageamento ao longo do gradiente demonstra que a comunidade de formigas altera a sua predileção diante da distribuição heterogênea de recursos do ambiente, em função de se assegurar o recurso mais limitado na sua nutrição. Essa mudança no hábito de forrageamento já foi observada antes por Bihn et al. (2008), porém este trabalho foi realizado em uma sequência de regeneração

florestal. É importante ressaltar que os nossos resultados diferem dos obtidos por Bihn, pois o mesmo observou que nas florestas mais conservadas as formigas preferem recursos ricos em carboidrato, e nas florestas mais novas (secundárias) se concentraram no recurso proteico. O gradiente borda núcleo é diferente do gradiente de regeneração, pois o mesmo está sujeito a sucessão ecológica, instituindo a substituição de espécies de plantas ao longo do tempo. Nossos resultados consentem com os de Câmara et al. (2017), no qual evidenciou que no interior da floresta o recurso carboidrato encontra-se mais acessível, proveniente das árvores produtoras de NEF's.

CONCLUSÃO

O efeito de borda como consequência da fragmentação ocasionada pelo homem, provoca um desequilíbrio estequiométrico ao longo do gradiente borda-núcleo, e isto sugere que as alterações no ambiente podem modificar as características de forrageamento das comunidades de formigas.

Logo, concluímos que as formigas tendem a modificar o padrão de forrageamento, concentrando-o em recursos ricos em carboidrato nos ambientes de borda. Conforme se entra na floresta, as formigas tenderam a mudar o padrão de forrageamento, se concentrando nos recursos ricos em nitrogênio, e diminuindo a predileção pelos recursos ricos em carboidrato.

Desta forma, supomos que ao longo do gradiente borda-núcleo da floresta o recurso nitrogênio se dispõe de forma heterogênea, porém são necessários estudos específicos para determinar a disponibilidade de recursos ao longo do gradiente borda-núcleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, A. N. et al. Use of Terrestrial Invertebrates for Biodiversity Monitoring in Australian Rangelands, with Particular Reference to Ants. **Austral Ecology**, Austrália, v. 29, n. 1, p. 87–92, jun. 2004.
- ARAÚJO, M. C. et al. **Interações ecológicas e biodiversidade**. 1. ed. Ijuí: UNIJUÍ, 1997, p. 252.
- BACCARO, F. B. et al. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. 1. ed. Manaus: INPA, 2015, p. 388.
- BACCARO, FABRICIO B. **Chave para as principais subfamílias e gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae)**. Manaus-AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

(INPA)/Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO)/Faculdades Cathedral, 2006, p. 34.

BARBOSA, Ana Jéssica Soares. **Atributos ecofisiológicos de *Erythroxylum pauferrense* Plowman (Erythroxylaceae)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2017.

BARBOSA V. S., LEAL I. R., IANNUZZI L., ALMEIDA-CORTEZ J., Distribution pattern of herbivorous insects in a remnant of Brazilian Atlantic Forest. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p.701-711, out. 2005.

BARROS, Maria José Vicente de. **Estudo da Cobertura Vegetal do Município de Areia-PB: subsídios para a Gestão Ambiental**. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2005.

BEGON, M., J. L. HARPER, C. R. TOWNSEND. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006, p. 759.

BIHN J.H., VERHAAGH M., BRANDL R. Ecological Stoichiometry along a Gradient of Forest Succession: Bait Preferences of Litter Ants. **Biotropica**, v. 40, n. 5, p. 597–599, ago. 2008.

BOSCARDIN J., et al. Avaliação comparativa de iscas atrativas a partir da riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) numa floresta de *Eucalyptus grandis*, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **AUGMDOMUS**, v. 3, n. 1, p. 10-19, dez. 2011.

BRASIL, PARAÍBA. **DECRETO ESTADUAL N. ° 14.832, DE 19 DE OUTUBRO DE 1992**. Cria a Reserva Ecológica da "MATA DO PAU FERRO" e dá outras providências. Diário Oficial, Paraíba, 20 de outubro de 1992.

BRASIL, PARAÍBA. **DECRETO ESTADUAL N. ° 26.098, DE 4 DE AGOSTO DE 2005**. Cria o Parque Estadual MATA DO PAU FERRO, no Estado da Paraíba, e dá outras providências. Diário Oficial, Paraíba, n. 12.995, p. 7, 05 de agosto de 2005.

BROWN, K.S. Diversity, disturbance, and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**. Switzerland, v. 1, n. 1, p. 25-42, mar. 1997.

BROWN, K.S., HUTCHINGS, R.W. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in amazonia forest butterflies. In: LAURANCE, W. F., BIERREGAARD, R. O. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997, p. 91-110.

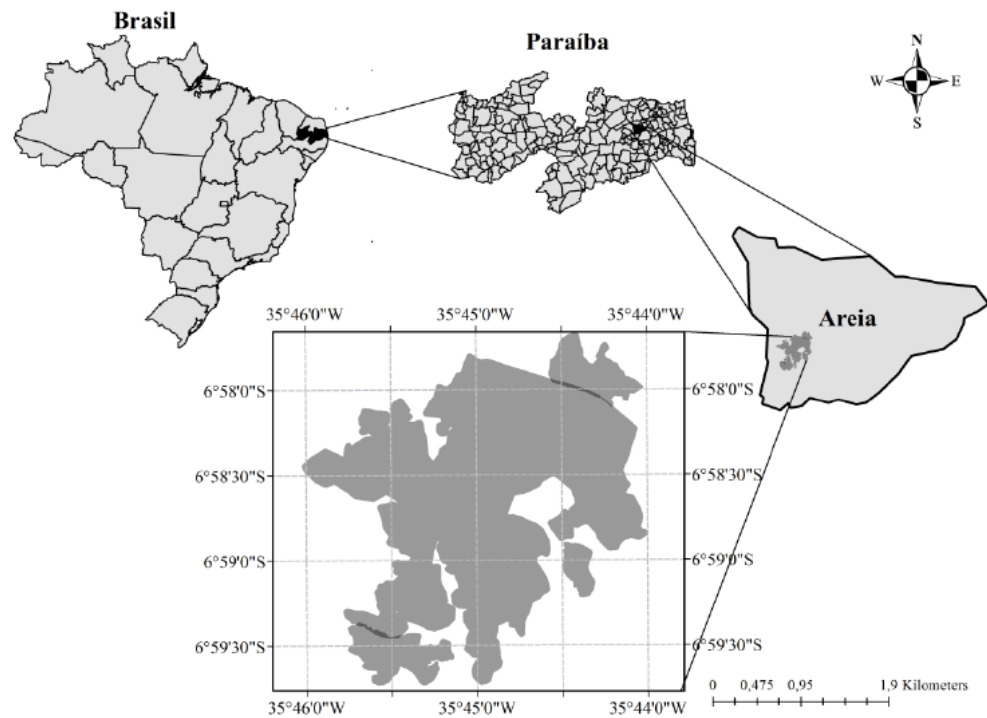
- CÂMARA, T., et al. Habitat fragmentation, EFN-bearing trees and ant communities: Ecological cascades in Atlantic Forest of northeastern Brazil. **Austral Ecology**, v. 42, n. 1, p. 31–39, set. 2017.
- CONDEZ, T. H. Efeitos da fragmentação de floresta na abundância de anfíbios anuros e lagartos de serapilheira em uma paisagem do planalto atlântico de São Paulo. São Paulo, 2008, 190p. Dissertação (mestrado em biotecnologia), Instituto Butantan, São Paulo – SP.
- BARONE, J. A., COLEY, P. D. Herbivory and plant defenses. In: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Costa Rica: Libro Universitario Regional, 2001. p. 465-492.
- CORRÊA B. S., PASSAMANI M., MOURA A. S. Avaliação do efeito borda na distribuição da avifauna em fragmentos florestais de Cerrado. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 3, p. 37-41, dez. 2011.
- COSTA, F. M. C. B., OLIVEIRA-FILHO, K. T., OLIVEIRA, P. S. The role of extrafloral nectaries in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in limiting herbivory: an experiment of ant protection in cerrado vegetation. **Ecological Entomology**, v. 17, p. 363-365, nov. 1992.
- DE GROOT R., et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v.1, n. 1, p. 50-61, jul. 2012.
- ELSER J. J., et al. Organism Size, Life History, and N:P Stoichiometry. **BioScience**, v. 46, n. 9, p. 674-684, out. 1996.
- FERNÁNDEZ F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003, p. 418.
- FLOATE, K. D., WHITHAM, T. G. Aphid-ant interaction reduces chrysomelid herbivory in a cottonwood hybrid zone. **Oecologia**, New York, v. 97, n. 2, p. 215-221, mar. 1994.
- FLOREN, A.; BIUN, A., LINSÉNMAIR, K.E. Arboreal ants as key predators in tropical lowland rainforest trees. **Oecologia**, New York, v. 131, n. 1, p. 137-144, mar. 2002.
- FREITAS A. V. L., et al. Insetos como indicadores de conservação da paisagem, p. 357-385. In: ROCHA C. F., et al. **Biologia da conservação: essências**. São Carlos-SP, Rima Editora, 2006, p. 582.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2013-2014**. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015.

- GOLDEN, D. M.; CRIST, T. O. Experimental effects of habitat fragmentation on old-field canopy insects: community, guild and species responses. **Oecologia**, New York, v. 118, n. 3, p. 371-380, jan. 1999.
- JENSEN, K., et al. Optimal foraging for specific nutrients in predatory beetles. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1736, p. 2212– 2218, jan. 2012.
- JESUS C. M. **Utilização de alimentos contendo substâncias lipídicas e açucaradas por formigas urbanas**. Rio Claro – SP, 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em ciências biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP.
- KAMINSKI, L. A., et al. Ecologia comportamental na interface formiga-planta-herbívoro: interações entre formigas e lepidópteros. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 27-44, jan. 2009.
- KASPARIZ M., YANOVLAKE S. P. Bait Use in Tropical Litter and Canopy Ants-Evidence of Differences in Nutrient Limitation. **Biotropica**, v. 33, p. 207-211, 2001.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Winchester, v. 5, n. 2, p. 173-185, may. 1989.
- LAURANCE, W. F. Do edge effects occur over large spatial scales?. **Trends in Ecology and Evolution**, New York, v. 15, n. 4, p. 134-135, abr. 2000.
- LAURANCE, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.
- LAURANCE, W. F., et al. Rapid decay of tree-community composition in Amazonian forest fragments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 50, p. 19010– 19014, jan. 2006.
- LEAL, R. I., WIRTH, R., TABARELLI, M. Dispersão de sementes por formigas-cortadeiras, In: LUCIA T. M. C. D. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. 2 ed. Viçosa – MG: Editora da Universidade de Viçosa, 2011, p. 236-248.
- LOLADZE, I., KUANG, Y. Stoichiometry in producer-Grazer Systems: Linking Energy Flow with Element Cycling. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 62, n. 6, p. 1137-1162, dez. 2000.
- MAYO, S. J., FEVEREIRO, V. P. B. Mata de Pau Ferro : a pilot study of the Brejo Forest of Paraíba, Brazil. **Royal Botanic Gardens**, London, p. 29, 1982.
- MELLO, R. A relevância da vida social das formigas na estruturação dos ecossistemas terrestres: ciência e literatura como proposta transdisciplinar de conscientização ecológica. **NUPEAT-IESA-UFG**, v. 4, n. 1, p. 24-43, jun. 2014.

- MIRANDA, M., et al. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) em fragmento urbano de mata mesófila semidecídua. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 8, n. 1, p. 49-54, ago. 2006.
- MURCIA, Carolina. Edge Effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology e Evolution**, New York, v. 10, n. 2, p. 58-62, fev. 1995.
- OLIVEIRA FILHO, A. T., et al. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). **Rev. bras. Bot.**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 149-161, dez. 2007.
- OLIVEIRA, P. S., FREITAS A. V. L. 2004. Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. **Naturwissenschaften**, v. 91, n. 12, p. 557-570, dez. 2004.
- OLIVEIRA, P. S., FREITAS, A. V. L., DEL-CLARO, K. Ant foraging on plant foliage: contrasting effects on the behavioral ecology of insects herbivores. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002, p. 287-305.
- PARRON, L. M., et al. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1 ed., Brasília: EMBRAPA, 2015, 370p.
- PETRY, W. K., PERRY, K. I., MOONEY, K. A. Influence of macronutrient imbalance on native ant foraging and interspecific interactions in the field. **Ecological entomology**, v. 37, n. 3, p. 175 – 183, jun. 2012.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da conservação. In: **Biologia da conservação**. 7. ed. Londrina. 2006. 328p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2008.
- RICO-GRAY V., OLIVEIRA, P. S. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. Chicago: University of Chicago Press. 2007. 331p.
- SABINO, A. P. S. **Composição florística e estrutural de bordas de fragmentos florestais inseridos em matrizes agrícolas**. São Carlos: UFSCAR, 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente), UFSCAR, São Carlos, 2012.
- SALAZAR, B. A., WHITMAN, D. W. Defensive tactics of caterpillars against predators and parasitoids. In: ANANTHAKRISHNAN T.N. **Insects and plant defences dynamics**. Plymouth: Science Publishers, 2001. 253p.
- SANTOS B. A., et al. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic fragment forests of Northeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 141, n. 1, p. 249–60, jan. 2008.

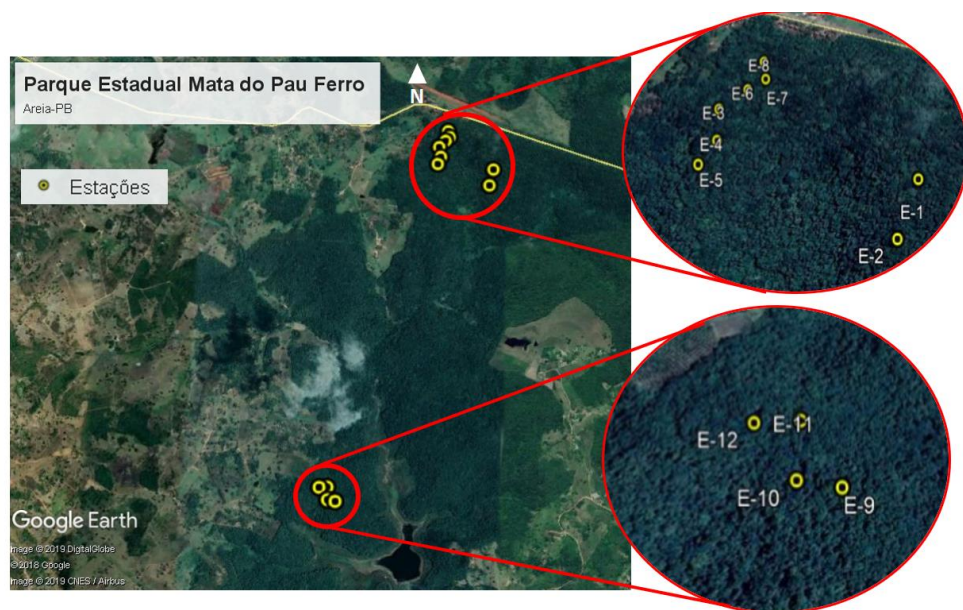
- SILVA L. F. **Estequiometria Ecológica da Interação Trófica Consumidor Perifíton – Uma Abordagem Experimental**. Rio de Janeiro, 2010. 133 p. Dissertação (Mestrado em ecologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2010.
- SILVESTRE, R. **Estrutura de comunidades de formigas do cerrado**. Ribeirão Preto: USP, 2000, 50p. Tese (Doutorado em entomologia), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2000.
- STERNER, R.W., ELSER, J.J. **Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere**. Princeton: Princeton University Press, 2002, 439p.
- STOUFFER, P. C., BIERREGAARD, R.O. Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in amazonian Brazil. **Conservation Biology**, v. 9, n. 5, p. 1085-1094 - 1995, set. 2009.
- TABARELLI M., et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, Montpellier, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, out. 2010.
- TABARELLI M., SILVA J. M. C., GASCON C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity & Conservation**, Netherlands, v.13, n. 7, p. 1419-1425, jun. 2004.
- THOMAZINI, M. J., THOMAZINI, A. P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. In: **Documentos n. 57**, Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. p. 21.
- VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R. R., LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE 1991, 123p.
- VIEIRA, Jéssica. **Limitação por Sódio em Assembléias de Formigas no Cerrado**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2014, 37p. Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) Instituto de Biologia, 2014.
- WALTHER G.R. Community and ecosystem responses to recent climate change. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, v. 365, n. 1519, p. 2019-2024, jul. 2010.
- WIRTH R, et al., Plant herbivore interactions at the forest edge. In: **Progress in Botany**, 1 ed., Darmstadt: Springer-Verlag, 2008, p.423–448
- ZHENG, D., CHEN, J. Edge effects in fragmented landscape: a generic model for delineating area of edge influences (D-AEI). **Ecological Modeling**, Netherlands, v. 132, n. 3, p. 175-190, ago. 2000.

ANEXOS



Anexo A. Localização do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro na cidade de Areia - PB, Nordeste brasileiro.

Fonte: BARBOSA (2017)



Anexo B. Localização das estações no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro

Fonte: Google Earth